

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НАУЧНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Мамыт Ботакөз Асанқызы
mamytovabota@gmail.com

Студент 4 курса кафедры Евразийской космической техники и технологий Л. Н. Гумилев,
Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – Калманова Д. М.

В научной-работе представлены результаты решения задачи расчета энергобаланса научно-энергетического модуля (НЭМ) на наиболее трудном (с точки зрения обеспечения электроэнергией) участке его полета — до момента перевода его солнечных батарей в рабочее положение. В ходе расчета принимались во внимание прогноз светотеневой обстановки и угла между плоскостью орбиты НЭМ и направлением на Солнце; циклограмма автономного полета НЭМ, учитывающая изменение его ориентации; циклограмма интеграции НЭМ в Российский сегмент МКС, в т. ч. стыковка и перестыковка НЭМ, разворачивание солнечных батарей НЭМ. Показана возможность осуществления штатной программы полета модуля, выявлена проблема реализации повторной стыковки и увода НЭМ в случае повторного промаха. Предложены мероприятия для решения указанной проблемы.

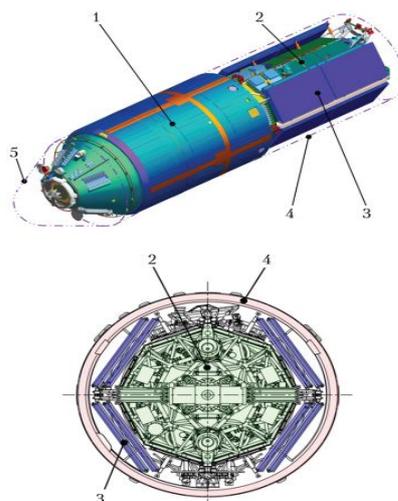


Рисунок 1. Солнечные батареи научно-энергетического модуля в сложенном виде:
1 — герметичный отсек; 2 — негерметичный отсек; 3 — солнечные батареи; 4 — опорный отсек космической головной части (КГЧ); 5 — головной обтекатель КГЧ

В настоящее время РКК «Энергия» ведется разработка научно-энергетического модуля (НЭМ) для Российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) [1]. Как следует из названия, основными задачами модуля являются проведение научных исследований и обеспечение Российского сегмента электроэнергией. РС МКС по первоначальному проекту должен был иметь специальный энерго-обеспечивающий модуль — научно-энергетическую платформу. Однако из-за недостатка финансирования его постройка была прекращена, и поставщиком недостающей электроэнергии для РС МКС стали солнечные батареи (СБ) Американского сегмента МКС. Последующее развитие РС,

деградация американских СБ и отказ американской стороны предоставлять необходимое количество электроэнергии, начиная с 2017–2018 гг., вновь заставили поднять вопрос об энергетической независимости РС МКС.

Научно-энергетический модуль (НЭМ или НЭМ-1; индекс изделия — 371КК63) — планируемый (на 2025 год) базовый модуль российской национальной орбитальной космической станции (РОСС); изначально — как один из модулей для МКС. Предназначен для проведения научных экспериментов, обеспечения национальной станции электроэнергией и обеспечения станции дополнительными средствами управления.

В комплексе использована цифровая система управления разработки РКК «Энергия», бортовая центральная вычислительная машина от НИИ «Аргон», аппаратура относительной навигации систем ГЛОНАСС и GPS, широкополосная система связи с использованием системы ретрансляции «Луч».

Показателем соблюдения энергобаланса на борту НЭМ является текущий уровень электрической емкости его аккумуляторных батарей (АБ) W . Суммарная электрическая емкость АБ НЭМ на момент перехода на бортовое питание на стартовом комплексе (W_0) составляет 39,60 кВт·ч. При нахождении НЭМ на теневом участке витка или при недостатке мощности СБ на освещенном участке питание бортовых систем НЭМ осуществляется от АБ и, как следствие, происходит их разряд. Заряд АБ осуществляется от СБ на освещенном участке витка в случае, если мощность СБ превышает электропотребление бортовых систем.

Система энергоснабжения НЭМ состоит из следующих составных частей (рис. 2):

- СБ (2 шт.);
- АБ (12 шт.)
- аппаратура регулирования и контроля.

Современные технологии предлагают два основных варианта исполнения СБ — с фотоэлектрическими преобразователями (ФЭП) на основе оксида кремния и на основе арсенида галлия [2–3]. В качестве исходного был рассмотрен вариант с оксид-кремниевыми фотопреобразователями, менее производительный, но существенно более дешевый. Теоретическая выходная электрическая мощность СБ рассчитывается по формуле

$$W_{СБ}^{теор} = E_0 S \eta_{ФЭП} \quad (1)$$

где E_0 — энергия солнечного излучения на единицу площади; S — площадь СБ; $\eta_{ФЭП}$ — КПД ФЭП. На среднем расстоянии Земли от Солнца $E_0 = 1367 \text{ Вт/м}^2$. Площадь СБ НЭМ $S = 203,5 \text{ м}^2$, КПД ФЭП на основе оксида кремния $\eta_{ФЭП} = 0,16$. Отсюда теоретическая выходная электрическая мощность СБ $W_{СБ}^{теор}$ должна составлять не менее 44,5 кВт.

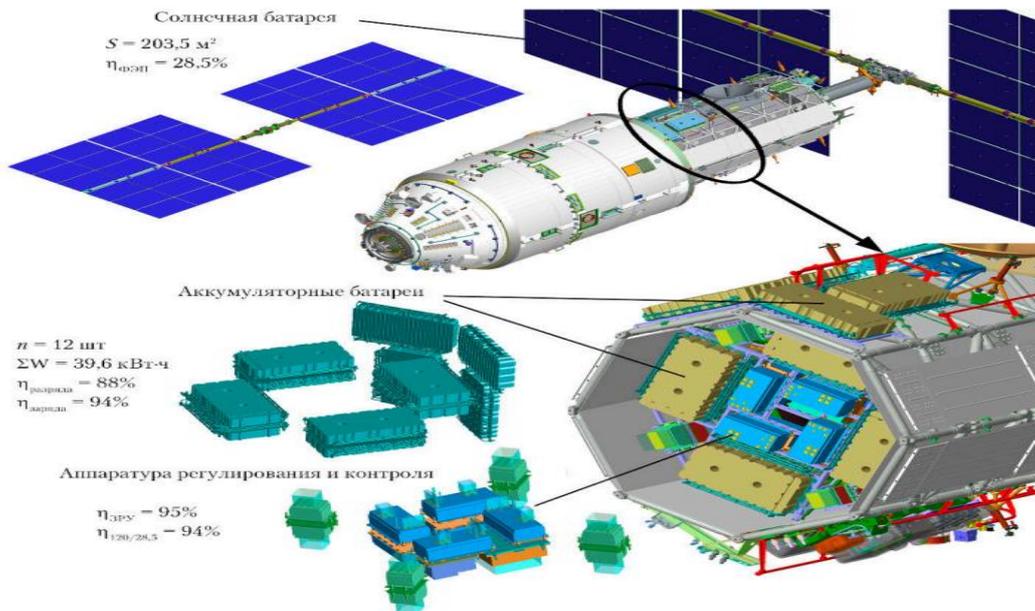


Рисунок 2. Состав системы электроснабжения НЭМ с основными характеристиками
 Среднегодовая выходная мощность системы составит 24,5 кВт. Однако и эта величина требует уточнения, поскольку вся энергия, вырабатываемая системой, как полезная, так и побочная, в итоге превращается в тепловую, а возможности средств обеспечения теплового режима (СОТР), сбрасывающих эту энергию в космос, ограничены.

Согласно приведенным выше данным, допустимая средневитковая полезная мощность, выдаваемая СЭС, составляет 17,7...46,6 кВт. Кроме того, потери энергии в самой системе (регуляторе тока, АБ и АК) приводят к выделению тепловой мощности 1,0...7,5 кВт в среднем за виток. Даже за вычетом электроэнергии, которую НЭМ поставляет в другие модули РС МКС (не менее 12 кВт), на СОТР НЭМ ложится общая тепловая нагрузка мощностью 6,7...42,1 кВт в среднем за виток. И поскольку СОТР рассчитаны на средневитковую нагрузку не более 12 кВт, в отдельные дни выходную мощность СЭС придется ограничивать, например, отворачивая СБ от прямых солнечных лучей. В связи с этим коэффициент, учитывающий потери энергии от затенения СБ (см. рис. 3), будет выглядеть иначе, и, следовательно, допустимая мощность нагрузки и ее среднегодовое значение должны быть откорректированы.

Неравенство преобразуется к виду:

$$k_{\text{осв}} = \frac{W_{\text{РС МКС}} \times P_{\text{СОТР}}}{W_{\text{СБ}}^0} \quad (2)$$

Отсюда получаем, что коэффициент не должен превышать 0,441. Это и есть ограничение, обязывающее в отдельные дни эксплуатации НЭМ снижать мощность СБ так, чтобы не перегружать СОТР. Обозначим предельное значение коэффициента, как и нанесем его на график (рис. 3).

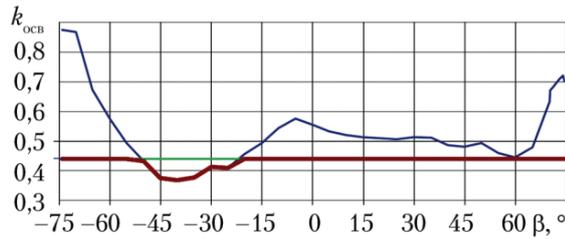


Рисунок 4. Допустимые значения коэффициента потерь энергии от затенения солнечных батарей в зависимости от угла склонения Солнца: — без учета ограничений средств обеспечения теплового режима (СОТР); — с учетом ограничений СОТР

Коэффициент не должен быть больше значений, окаймляющих два графика снизу и отмеченных жирной линией. Рассчитанные вновь по формуле (3) значения допустимой средневитковой мощности нагрузки на СЭС с учетом ограничений со стороны СОТР приведены на рисунке 4.

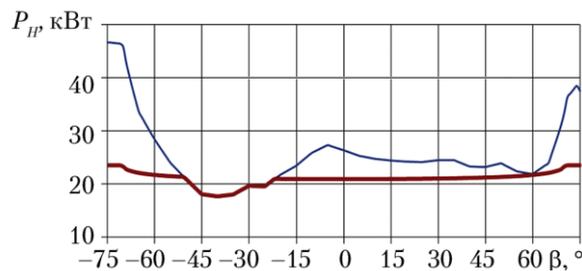


Рисунок 5. Допустимая средневитковая мощность нагрузки на систему энергоснабжения без учета (—) и с учетом (—) ограничений средств обеспечения теплового режима

Из полученных результатов видно, что для обеспечения необходимой средневитковой мощности нагрузки на шине СЭС достаточно 10 АБ с выходной мощностью каждой не менее 2 200 Вт. В комплекте из 12 батарей в этом случае две могут представлять собой горячий резерв.

Используем значение среднегодового коэффициента потери мощности $\bar{k}_{осв} = 0,486$. С учетом всех вышеуказанных факторов выходная мощность СБ НЭМ в среднем за год $\bar{W}_{СБ} = 14,9$ кВт.

На пути от СБ к конечным потребителям существенные потери энергии происходят при ее преобразовании в аккумуляторах, предназначенных для компенсации периодических перерывов поступления электричества из-за затенения СБ. Потери имеются также в АРК. Все они зависят преимущественно от типа аккумуляторов, поэтому выбор последних также должен стать предметом оптимизации. На данном этапе расчета потери учитываются умножением на среднегодовой коэффициент $\bar{k}_{СЭС} = 0,889$ в предположении, что будут использованы аккумуляторы с КПД, равным 0,8. Вычисляем среднегодовую мощность СЭС по формуле:

$$\bar{W}_{СЭС} = \bar{W}_{СБ} \bar{k}_{СЭС}. \quad (3)$$

Вычисленная по формуле (3) среднегодовая производительность составит не менее 20,9 кВт.

В результате статьи была рассчитана производительность системы электроснабжения научно-энергетического модуля и оптимизированы ее параметры и состав. Изложены методика и формулы для соответствующих расчетов на примере проектирования модуля. Принципиальной особенностью методики является совместный учет периодического затенения солнечных батарей конструктивными элементами станции, КПД аккумуляторных батарей и аппаратуры регулирования и контроля.

Список использованных источников

1. Легостаев В.П., Марков А. В., Сорокин И. В. Целевое использование российского сегмента МКС: значимые научные результаты и перспективы // Космическая техника и технологии. 2013. № 2. С. 3–18.
2. Мансуров В. С., Московин С. А., Попов С. А., Щербинин В. П. Тенденции развития бортовых систем энергоснабжения для обеспечения планетных экспедиций // Актуальные вопросы планетных экспедиций. Материалы научно-технической конференции (Москва, 3–5 октября 2006 г.). М.: ФГУП «Центр Келдыша», 2006. С. 188–190.
3. Итоговый научно-технический отчет по орбитальному комплексу «Мир». Т. 4. Системы электропитания ОК «Мир». РКК «Энергия» имени С. П. Королёва, 2004. 53 с.

ӘОЖ 577.32

ДНҚ МОЛЕКУЛАСЫНЫҢ ДИНАМИКАСЫНЫҢ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС МОДЕЛЬДЕРІН ЗЕРТТЕУ

Медетұлы Ернар

e-mail: medetuli_ernar@mail.ru

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

Ғылыми жетекші - PhD, доцент м. а. **Мырзақұл Т. Р.**

Тірі жүйелер физикасының негізгі проблемасы негізгі биомолекулалардың ішкі құрылымы мен функцияларын және олардың ішіндегі ең маңыздысы - биополимерлер класына жататын және негізгі биологиялық функциялардың бірін - генетикалық ақпаратты сақтау және беруді жүзеге асыратын ДНҚ молекуласын (дезоксирибонуклеин қышқылы) зерттеу болып табылады.

Біз ДНҚ молекуласының көптеген ерекшеліктерін модельдейтін қарапайым сызықты емес модельдерді зерттейміз. ДНҚ тізбегінің, әсіресе аденин мен тиминнің және глутамин мен аденинмен байланысқан ДНҚ ақуызының өзара әрекеттесуі. Бұл байланыстардың формалары сутегі байланыстарына бейімделген.

Сипаттайтын модельдің бірі Пейрар-Бишоп моделі, бұл модель ДНҚ-ның геликоидальды құрылымын ескермейді. Біз бұл жұмыста статистикалық физика әдістерімен Пейрар-Бишоп моделінің негізгі жұптарының <u>сутектік байланысының орташа созылуын температурадан тәуелділікке ие болуын қарастырдық. Бұл тәуелділік модель параметрлеріне өте сезімтал болды.